

4

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 1 年 6 月 1 5 日
Date of Application:

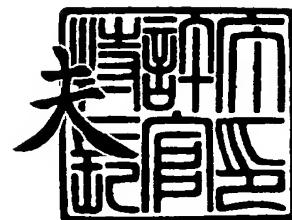
出 願 番 号 特 願 2 0 0 1 - 1 8 1 9 5 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 1 - 1 8 1 9 5 5]

出 願 人 株式会社荏原製作所
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 0 3 5 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 010728

【提出日】 平成13年 6月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 荏原マイスター株式
会社内

【氏名】 中筋 護

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 加藤 隆男

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所
内

【氏名】 佐竹 徹

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

【代理人】

【識別番号】 100089705

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目 2 番 1 号 新大手町ビル 2
0 6 区 ユアサハラ法律特許事務所

【弁理士】

【氏名又は名称】 社本 一夫

【電話番号】 03-3270-6641

【選任した代理人】

【識別番号】 100080137

【弁理士】

【氏名又は名称】 千葉 昭男

【選任した代理人】

【識別番号】 100083895

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 茂

【選任した代理人】

【識別番号】 100093713

【弁理士】

【氏名又は名称】 神田 藤博

【選任した代理人】

【識別番号】 100093805

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106208

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮前 徹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051806

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010958

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電子線装置及びその電子線装置を用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 カソード及びアノードを有する電子銃から放出された電子線を試料上に集束させて照射し、前記試料から放出された二次電子を検出器へ入射させる電子線装置において、

前記電子銃に近接して二段の偏向器を配置し、前記カソードの結晶方位のうち電子線放出が大きい結晶方位が光軸方向を向いていないことにより前記光軸に対して角度をなす方向に放出された電子線を、前記二段の偏向器で光軸方向に向かわせるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電子線装置において、前記二段の偏向器のうち電子銃側に配置された偏向器を電磁偏向器とし、試料側に配置された偏向器を静電偏向器としたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の電子線装置において、前記カソードの結晶は、遷移金属の炭化物、ホウ化物又は窒化物からなる結晶であることを特徴とする電子線装置。

【請求項 4】 電子銃から放出される電子線を試料上に集束させて照射し、前記試料から放出された二次電子を検出器へ入射させる電子線装置において、

前記電子銃はカソード、カソード電位に近いアノード及びアノードからなり、前記電子銃から複数の方向に放出された電子線のうち、特定の方向に放出された電子線のみを前記試料上に導き、その他の方向に放出された電子線は前記カソード電位に近いアノードに吸収させて捨てるようにしたことを特徴とする電子線装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の電子線装置を用いてプロセス途中或いは終了後のウエハーの評価を行うことを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は電子線装置及びその電子線装置を用いたデバイスの製造方法に関し、詳しくは、最小線幅が $0.1\mu\text{m}$ 以下のデバイスパターンを有する試料を高いスループットでかつ高い信頼性で評価する電子線装置並びにその電子線装置を用いてプロセス途中のウエハーを評価することにより歩留りを向上させることができるデバイスの製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】

電子線を細く集束して形成した電子ビームを試料の上に走査して照射し、最小線幅が $0.1\mu\text{m}$ 以下のデバイスパターンを有する試料の評価を行う電子線装置は既に提案されており、このような装置に使用される電子銃ではビーム径を細くかつ電流を大きくとることが必要であるので、カソードの温度を上げて輝度の高い状態で使用される。従って、カソードの特性として、一般的に、仕事関数が低いこと、融点が高く蒸気圧が低いこと、高温で物理的・化学的に安定であること等が要求されている。そのような特性を有する材料として、従来からLaB6の単結晶体が利用されており、また、炭化タンタル(TaC)の単結晶体を利用することも検討されている。

LaB6とTaCとを比較すると、仕事関数については、LaB6の場合は 2.6eV でTaCの場合は 3.4eV であるが、一方、カソード材料の評価の目安の一つとされているフィギュア・オブ・メリット (figure of merit)、その仕事関数を蒸気圧が 10^{-5} トル (Torr) になる温度で割ったもので、これが小さいほど有利である) は、LaB6では 1.27×10^{-3} であるのに対して、TaCでは 1.2×10^{-3} と、TaCの方がLaB6よりも良いことが知られている。従って、高温ですぐれた安定性を有する観点からTaCをカソードの材料として使用することが望ましい。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、TaCチップを用いて電界放出を行うと、TaCチップの結晶方位のうち電子線放出が大きい結晶方位が光軸方向を向いていないことにより、強度の大きい電子線が、電子線装置の光軸方向に放出されず、光軸に対して19

度の方向と34度の方向にそれぞれ4回対称の位置に放出される。従って、そのまま電子線装置に利用できないという問題点があった。

【0004】

本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、発明が解決しようとする一つの課題は、光軸方向以外の方向に放出された電子線の内の一つを収差を最小にして光軸方向に導くことにより、フィギュア・オブ・メリットが小さいにもかかわらず、光軸方向に強度の大きい電子線が放出されないため利用することが困難な材料についても、カソードの材料として利用できるような電子線装置を提供することである。

本発明が解決しようとする別の課題は、上記のような電子線装置を用いてプロセス途中の試料を評価するデバイスの製造方法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記課題は以下の手段により解決される。即ち、本願の発明の一つは、カソード及びアノードを有する電子銃から放出された電子線を試料上に集束させて照射し、前記試料から放出された二次電子を検出器へ入射させる電子線装置において、前記電子銃に近接して二段の偏向器を配置し、前記カソードの結晶方位のうち電子線放出が大きい結晶方位が光軸方向を向いていないことにより前記光軸に対して角度をなす方向に放出された電子線を、前記二段の偏向器で光軸方向に向かわせるように構成されている。このように構成したことにより、光軸方向以外の方向に放出された電子線の内の一つを収差を最小にして光軸方向に導くことが可能となる。

また、本願発明の一つの実施形態において、前記二段の偏向器のうち電子銃側に配置された偏向器を電磁偏向器とし、試料側に配置された偏向器を静電偏向器として構成されている。このように構成したことにより、光軸方向以外の方向に放出された電子線の内の一つを、偏向色収差を発生させずに光軸方向に導くことが可能となる。

本願発明の別の実施形態では、前記カソードの結晶は、遷移金属の炭化物、ホウ化物又は窒化物からなる結晶としている。

【0006】

本願の別の発明では、電子銃から放出される電子線を試料上に集束させて照射し、前記試料から放出された二次電子を検出器へ入射させる電子線装置において、前記電子銃に近接して偏向器を配置し、前記電子銃から複数の方向に放出された電子線のうち、特定の方向に放出された電子線のみを前記試料上に導き、その他の方向に放出された電子線は前記カソード電位に近いアノードに吸収させて捨てるように構成されている。

【0007】

本願の更に別の発明は、前記電子線装置を用いてプロセス途中或いは終了後のウェハーの評価を行うようにしたデバイスの製造方法を提供する。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して本発明による電子線装置の実施形態を説明する。

図1において、本実施形態の電子線装置1が模式的に示されている。この電子線装置1は、第一次光学系10と、第二次光学系20と、検査装置30とを備えている。第一次光学系10は、電子線を試料Sの表面（試料面）に照射する光学系で、電子線を放出する電子銃11と、電子銃から放出された電子線を偏向させる電磁偏向器12及び静電偏向器13と、電子線を集束するコンデンサレンズ14と、開口角を決定するアパーチャ15と、電子線を試料上で走査する静電偏向器16及び17と、E×B分離器18と、対物レンズ19とを備え、それらは、図1に示すように電子銃11を最上部にして第一次光学系10の光軸Aに沿って順に配置されている。

電子銃11は、 $\langle 100 \rangle$ 方位の単結晶TaCカソードを熱電界放出カソード111として使用し、アノード112で電子線を引き出すようにされている。電子線の放出方向と光軸Aとのなす角度は約 18.5° であるので、アノード112は光軸Aに垂直な面M-Mに対して 18.5° の傾斜角度 θ を有する円錐形の形状で形成され、かつ4本のビームのうちの一本が通る孔112aが設けられている。

第二次光学系20は、第一次光学系10のE×B分離器18の近くで第一次光

光学系の光軸Aに対して傾斜している光軸Bに沿って配置されている。

検査装置30は検出器31を備えている。

【0009】

上記の電子線装置において、電子銃11のカソード111から放出された電子線は、アノード112によって加速され、アノードの孔112aから出た電子線50は電磁偏向器12により偏向角 α だけ矢印51の方向に（即ち、光軸方向へ）偏向され、更に、静電偏向器13により偏向角 β だけ矢印52の方向に振り戻すことにより、光軸Aと一致する方向に電子線50を方向付けすることができる。このように、単結晶TaCカソードの結晶方位のうち電子線放出が大きい結晶方位が光軸方向を向いていないことにより前記光軸に対して角度をなす方向に放出された電子線50を、二段の偏向器12、13で光軸方向に向かわせる（即ち、光軸方向に沿った方向に向かわせる）ことができる。

【0010】

電子線は、次に、コンデンサレンズ14により集束され、対物レンズ19の電子銃側にクロスオーバーを形成し、更に対物レンズ19で試料Sに合焦される。この場合、電子線は静電偏向器16とE×B分離器18の静電偏向器17とで偏向され、試料S上に走査して照射される。

この電子線による照射により試料Sから放出された二次電子は、対物レンズ19と試料S間に印加された加速電界により加速・集束され、対物レンズ19を通過する。対物レンズを通過した二次電子はE×B分離器18により第二次光学系20の光軸Bに沿う方向に偏向され、検査装置30の検出器31で検出されて試料Sの評価がなされる。

【0011】

上記のような電子線装置において、光学系の分解能を向上させるためには上記二段の偏向器の偏向色収差を小さくすることが必要である。そこで、カソード111の先端部及び電磁偏向器12の間の距離と、電磁偏向器12及び静電偏向器13の間の距離とを等しくすることにより、偏向角 α は偏向角 β の二倍になり偏向色収差を小さくすることができる。TaCは角電流密度が10 mA/srという大きい値が得られるので100 nm ϕ で800 nAの電子線を得ることができ

、カソードの結晶として好ましいが、カソードの結晶はこれに限定されるものではなく、炭化物、ホウ化物及び窒化物からなる他の遷移金属の結晶であってもよい。

また、遷移金属の種類に応じて、偏向器の数量、アノード112の傾斜角度 θ 、及びアノードの孔112aの位置を適宜変更して、電子銃から複数の方向に放出された電子線のうち、特定の方向に放出された電子線のみを試料S上に導き、その他の方向に放出された電子線は全て捨てるようにすることも可能である。

【0012】

図2は本発明の第2の実施形態を示す図である。本実施形態においては、第一次光学系のコンデンサレンズ、アパーチャ、静電偏向器、E×B分離器及び対物レンズ、第二次光学系の各構成要素、並びに検査装置は図1に示された第1の実施形態と同じ構成であり、従って、図2ではそれらの構成要素は省略し、第1の実施形態と異なる部分のみを示している。また、第1の実施形態と同じ構成要素については同じ符号を付して示している。本実施形態では、電子銃11のアノードを通常のアノード114とは別にカソード電位に近いアノード113を設けて、二段のアノード113、114を配置している。アノード113は第1の実施形態におけるアノード112と同様な形態となっている。このような構成において、カソード111から放出された捨てる方位の電子線はカソード電位に近いアノード113で吸収される。それにより、アノードで発生する熱が少なくなり、電子銃電源115を小さい容量のものにすることができる。本実施形態のその他の作用については、図1の第1の実施形態において説明したものと同様である。

【0013】

次に、図3及び図4を参照して本発明による半導体デバイスの製造方法を説明する。

図3は本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の工程は以下の主工程を含んでいる。

- (1) ウエハを製造するウエハ製造工程（又はウエハを準備するウエハ準備工程）
- (2) 露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程（又は

マスクを準備するマスク準備工程)

(3) ウエハに必要な加工処理を行うウエハプロセッシング工程

(4) ウエハ上に形成されたチップを一個ずつ切り出し、動作可能にらしめる
チップ組立工程

(5) できたチップを検査するチップ検査工程

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0014】

これらの主工程の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが (3) のウエハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウエハ上に順次積層し、メモリーやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウエハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

(1) 絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程 (CVDやスパッタリング等を用いる)

(2) この薄膜層やウエハ基板を酸化する酸化工程

(3) 薄膜層やウエハ基板を選択的に加工するためにマスク (レチクル) を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィ工程

(4) レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程 (例えばドライエッチング技術を用いる)

(5) イオン・不純物注入拡散工程

(6) レジスト剥離工程

(7) 加工されたウエハを検査する工程

なお、ウエハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【0015】

図4は、図3のウエハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィ工程を示すフローチャートである。リソグラフィ工程は以下の各工程を含む。

(1) 前段の工程で回路パターンが形成されたウエハ上にレジストをコートする
レジスト塗布工程

(2) レジストを露光する工程

(3) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程

(4) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程

上記の半導体デバイス製造工程、ウエハプロセッシング工程、及びリソグラフィ工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

上記(7)の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能となる。

【0016】

【発明の効果】

本発明によれば、以下のような効果を奏することが可能である。

(1) 単結晶 TaC カソードによる強度が大きい電子線を有効に第一次光学系の光軸に導くことができる。

(2) 電子線の $100\text{ nm } \phi$ のビーム寸法で 800 nA の電子線電流を得ることが可能になったため、電子線装置のスループットが向上する。

(3) 偏向色収差を殆ど発生させることなく、電子線を 38° 程度偏向させることができる。

(4) TaC は LaB6 と比較してフィギュア・オブ・メリットが小さいので長寿命でかつ高輝度の電子銃を得ることができる。

(5) 本発明の第2の実施形態のように、アノードを二段にする場合には、エミッション電流の大部分をカソードに近い電流のアノードに吸収させるため、アノードでの熱吸収は小さく、電子銃電源を小さい容量のものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態における電子線装置の光学系を模式的に示した説明図である。

【図2】

本発明の第2の実施形態における電子線装置の光学系を、一部省略して模式的に示した説明図である。

【図 3】

デバイス製造工程を示すフローチャートである。

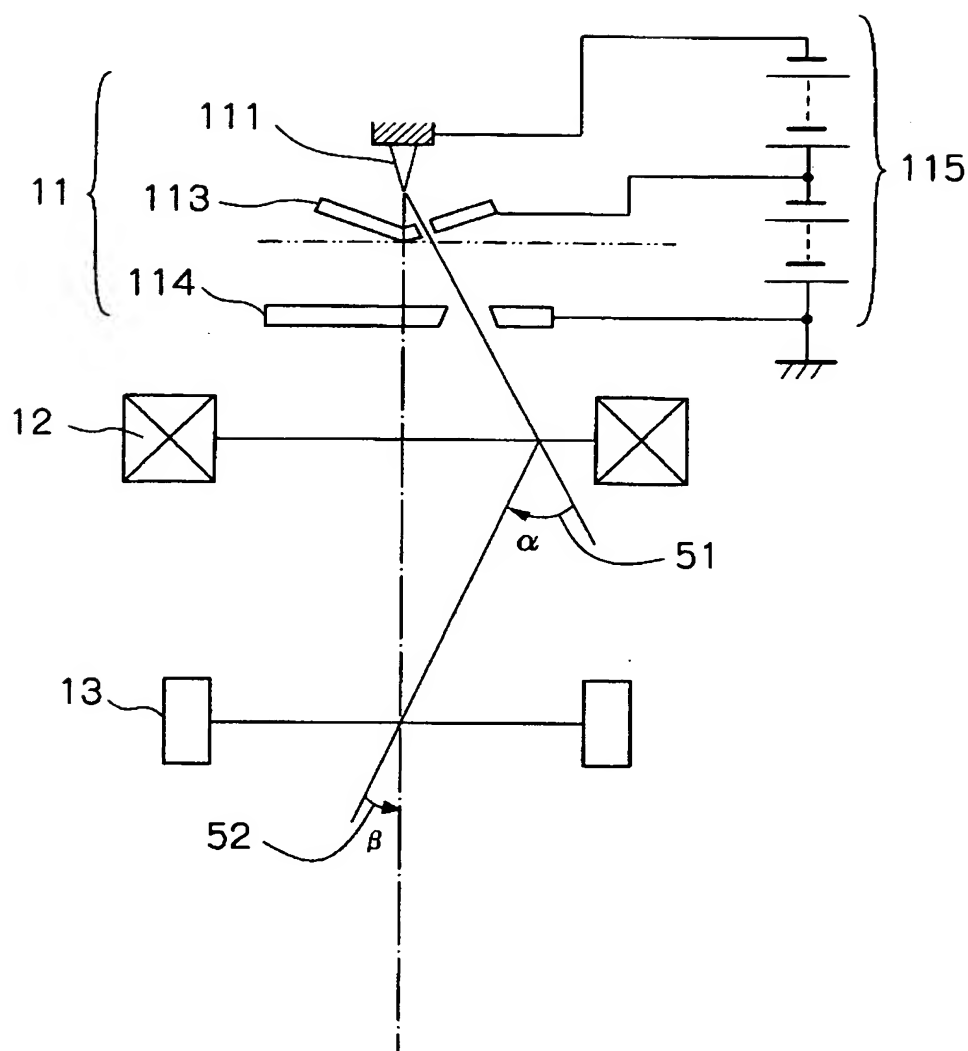
【図 4】

リソグラフィー工程を示すフローチャートである。

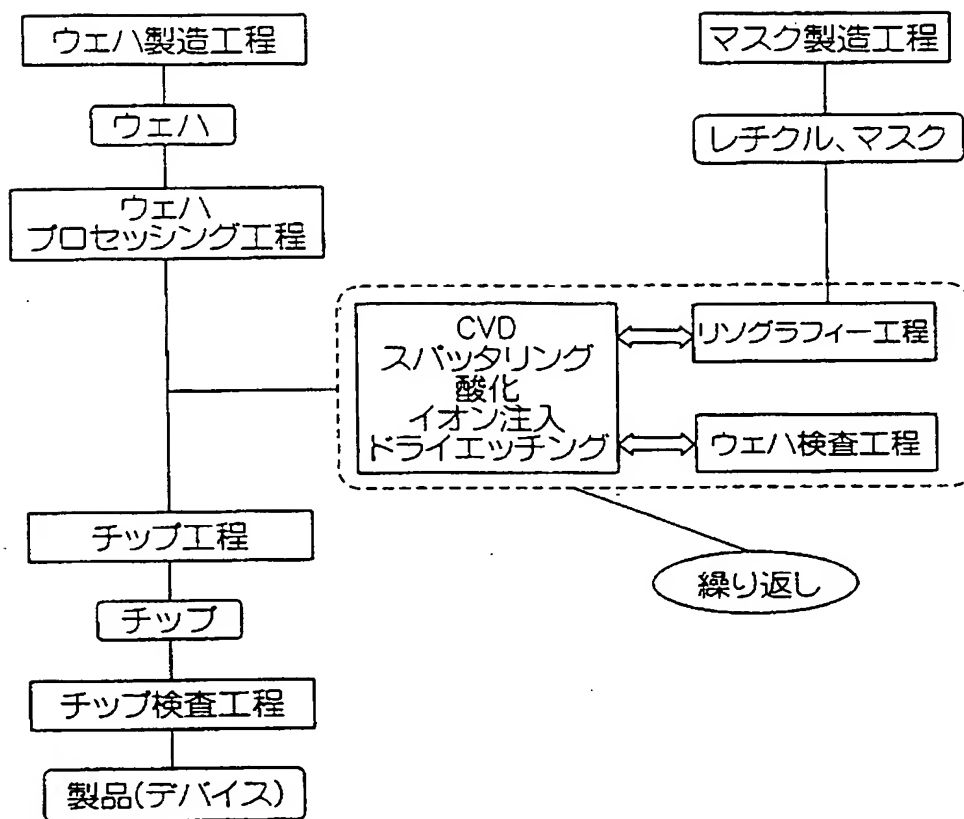
【符号の説明】

| | |
|-------------------|-------------|
| 1：電子線装置 | 10：第一次光学系 |
| 11：電子銃 | 12：電磁偏向器 |
| 13：静電偏向器 | 14：コンデンサレンズ |
| 15：アパーチャ | 16：静電偏向器 |
| 17：静電偏向器 | 18：E×B分離器 |
| 19：対物レンズ | 20：第二次光学系 |
| 30：検査装置 | 31：検出器 |
| 111：カソード | 112：アノード |
| 113：カソード電位に近いアノード | |
| 114：アノード | 115：電子銃電源 |

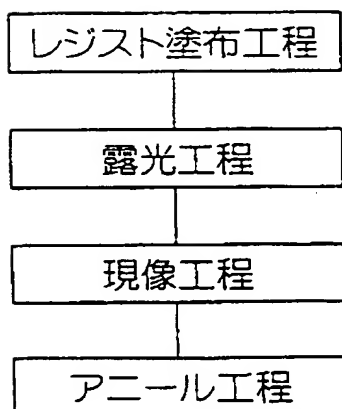
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光軸方向以外の方向に放出された電子線の内の一つを収差を最小にして光軸方向に導くことができる電子線装置を提供する。

【解決手段】 カソード111及びアノード112を有する電子銃11から放出された電子線を試料S上に集束させて照射し、試料から放出された二次電子を検出器へ入射させる電子線装置であって、電子銃に近接して二段の偏向器12, 13が配置されている。カソードの結晶方位のうち電子線放出が大きい結晶方位が光軸方向を向いていないことにより光軸に対して角度をなす方向に放出された電子線を、二段の偏向器で光軸方向に向かわせる。

【選択図】 図1



特願 2 0 0 1 - 1 8 1 9 5 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所